実験トランジスタ・アンプ設計講座

黒田 徹

●実用技術編

第10章 回路シミュレータSPICE入門（34）

トランジスタのCirclotron回路

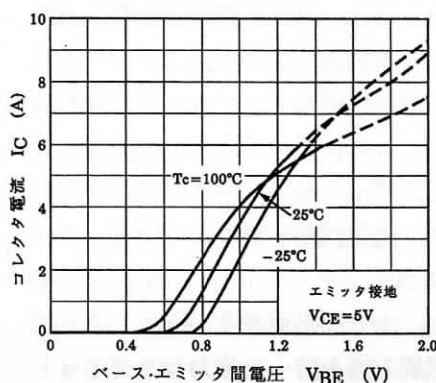
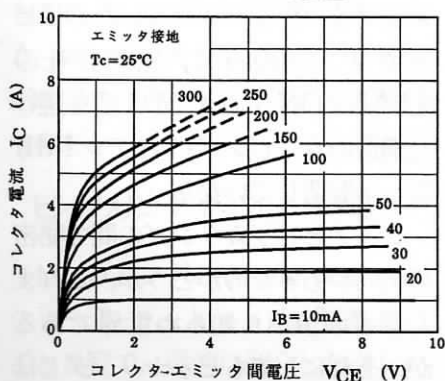
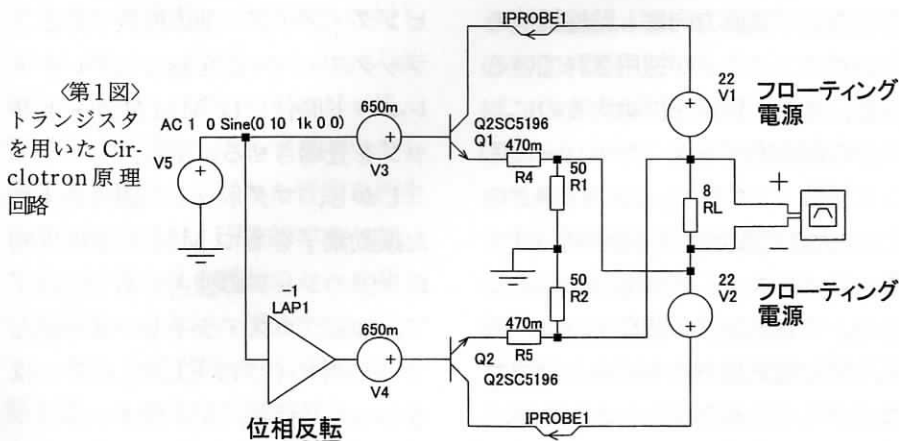
前回は6C33CのCirclotron回路を用いたOTLパワー・アンプをシミュレーションしました．今回は，真空管をトランジスタ(2SC5196)に置き換えたCirclotronアンプをシミュレーションします．

第1図に原理回路を示します．

〈第1図〉トランジスタを用いたCirclotron原理回路

V1とV2は22Vのフローティング電源です．V3＝V4＝650mVは2SC5196のベース・バイアス電圧です．

(1) 2SC5196の定格と特性

2SC5196（東芝）は，出力40Wクラスの HiFiアンプ用パワー・トランジスタです．第1表に定格を，第2図に特性を示します．

(2) 2SC5196のデバイス・モデル

第2図の特性と実測特性を踏まえ，第2表のデバイス・モデルを作りました．

(3) 入力電圧

1kHz/片ピーク振幅＝10Vのサイン波です．

Circlotron回路の過渡解析

第1図の回路の過渡解析結果を第3図に示します．R_L＝8Ωに対し，出力電圧は±16Vです．入力電圧は±10Vですから，出力段は1.6倍のゲインを持っています．したがって，一般的なSEPPエミッタ・フォロワ出力段回路よりドライブが楽です．

(1) コレクタ電流波形

第1図の回路の各トランジスタのコレクタ電流波形を第4図に示します．B級に近いAB級動作になっています．アイドリング電流は36mAです．

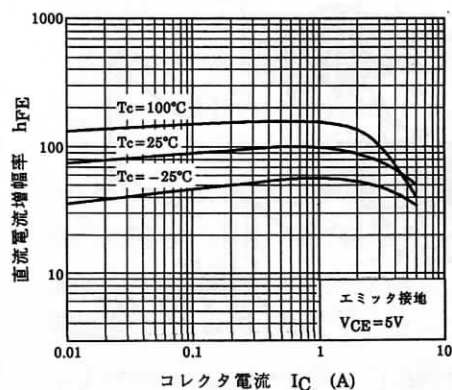
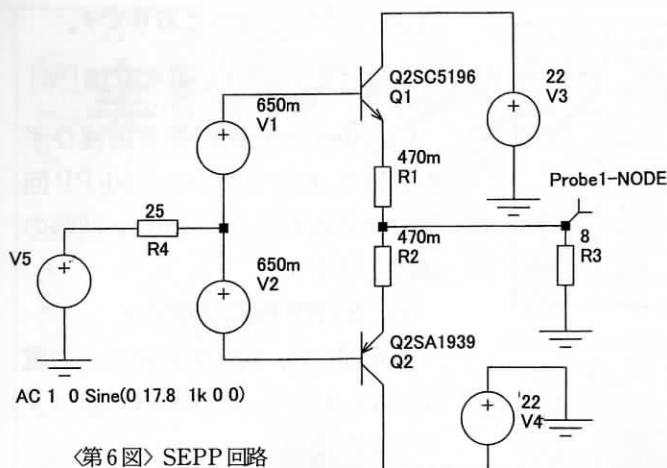
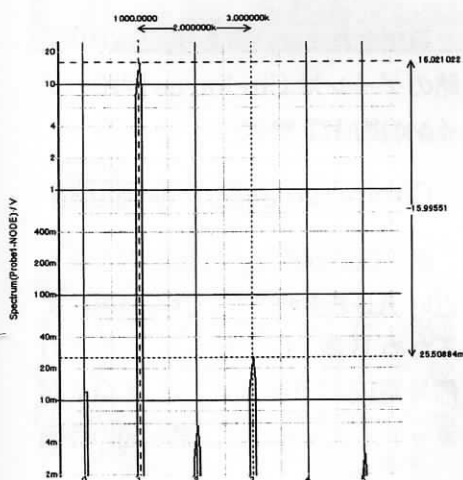
〈第2図〉2SC5196の動作特性

〈第6図〉 SEPP回路

〈第8図〉 正の入力信号電圧を加えたときの Circlotron 回路の等価回路

(a)

〈第9図〉▶
第8図の等価回路はこのように変形できる

(b)

〈第7図〉 第6図の出力電圧のフーリエ解析

回路が導かれます．そして，この等価回路は第9図(a)のように変形できます．

さて，第9図(a)においてR 1，R 2，R_L はΔ接続になっています．そこでΔ→Y変換を施すと第9図(b)の等価回路が導かれます．

第9図(b)の回路に，片ピーク振幅10 V，周波数1 kHzの正の半波サイン電圧を印加したときの入・出力電圧波形を第10図に示します．

第9図(b)の等価回路のアース・ポイントはR 7=23.15 Ωの左側にありますが，アース・ポイントをR 7の右側に変更すると，第11図(a)の等価回路が得られます．この回路の入・出力電圧波形は第10図とまったく同じです．

ここで，第11図(a)のR 7=23.15 Ωは入力電圧源の－側端子に接続されていますが，R 7を入力電圧源の＋側端子に移行すると，第11図(b)の等価回路になります．第11図(b)の等価回路の入出力電圧も第10図の波形とまったく同じです．

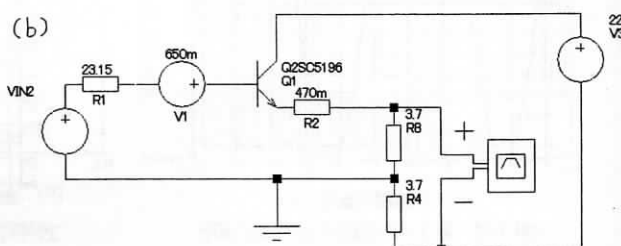
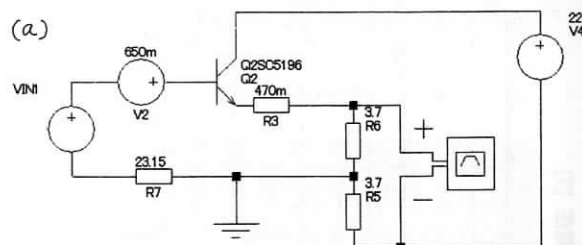
つまり，B級Circlotron回路は第11図(b)の等価回路で表わすことができ，出力電圧の50%が2 SC 5196のエミッタに電圧帰還されています．

一方，SEPP回路は，出力電圧がそっくり(100%)エミッタに電圧帰還されます．

換言すると，Circlotron回路の帰還量はSEPP回路の帰還量の1/2です．したがってCirclotron回路のゲインはSEPP回路のゲインのほぼ2倍になります．

〈第10図〉 第9図(b)の回路の入出力電圧

(a)

(b)

〈第11図〉▶
第9図(b)の等価回路のアース・ポイントをR 7の右側に変更した回路

〈第 12 図〉▶
Circlotron アンプの実用回路

Circlotron アンプの実用回路

最大出力電圧が±20 V のパワー・アンプを設計してみましょう．出力段のゲインは 1.6 倍ですから，出力段の入出力電圧は±12.5 V あればよいわけです．この程度ならば，オペアンプで出力段をドライブできます．

というわけで，**第 12 図**の回路を考えてみました．ドライバ・トランジスタは 2 SC 4408(東芝)です．そのデバイス•モデル（自作）を**第 2 表**に示します．

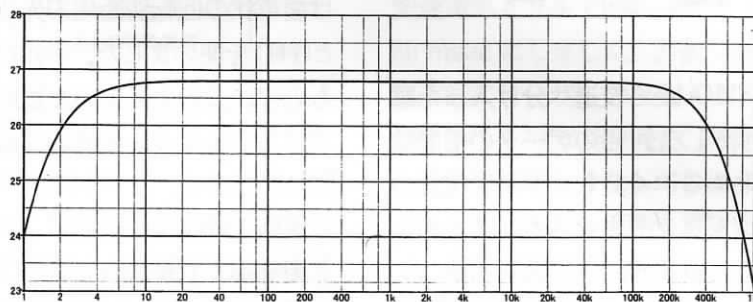
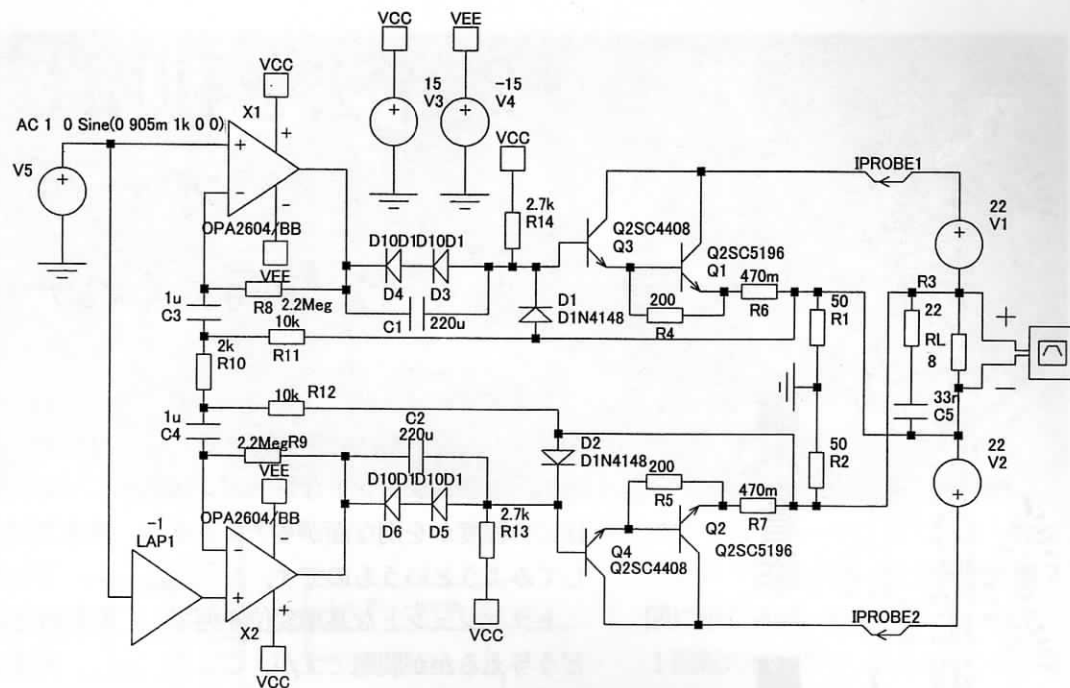
D 1 と D 2 は過大入力時にドライブ段と出力段の各トランジスタのエミッタ接合のブレーク・ダウンを防止します．通常動作時は非導通です．(D 3＋D 4)の順電圧が 2 SC 4408＋2 SC 5196 のベース・バイアス電圧になります．

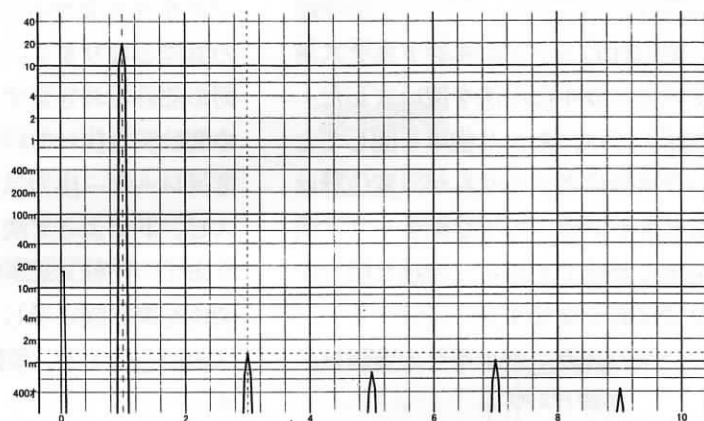
(1) オペアンプ

TI 社の FET 入力オペアンプ OPA 2604 を用いました．設計・製造はバーブラウン社です．オペアンプの電源電圧は±15 V としました．もう少し電源電圧を上げた方がよいかもしれません．

オペアンプの出力オフセット電圧はトランジスタのベース・バイアス電圧を狂わすので，受動素子(C 3＝1 μF および R 8＝2.2 MΩ) による DC サーボをかけています．

(2) NFB

出力段から R 11＝R 12＝10 kΩ を経て，OPA 2604 の反転入力端子に交流電圧帰還をかけています．

〈第 13 図〉第 12 図のアンプの周波数特性

〈第 14 図〉
第 12 図のアンプの出力電圧のスペクトル

(3) 周波数特性

第 13 図に周波数特性のシミュレーション結果を示します．10 Hz～100 kHz のゲイン偏差は 0.05 dB 以下です．高域の周波数特性は一般的なトランジスタ・アンプと大差ありません．

(4) ひずみ率特性

第 12 図のアンプの出力電圧のフーリエ解析結果を**第 14 図**に示します．なお，入力電圧は 1 kHz/片ピーク振幅＝0.905 V です．出力電圧スペクトルは，

1 kHz 成分＝19.81 V

3 kHz 成分＝1.31 mV

となっています．すなわち，第 3 調波ひずみ率＝0.0066％です．負荷は 8 Ω で，出力電力＝24.52 W となっています．ちなみに 2 SC 5196 のアイドリング電流は 43 mA です．

◆引用文献

2 SC 5196 データ・シート（東芝）